

计算机网络管理 原理与实现

武装 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

内容简介

本书从计算机网络管理的基本概念出发，全面介绍了计算机网络管理的原理、方法和应用。全书共分10章，主要内容包括：计算机网络管理概述、网络管理协议、网络管理数据库、网络管理工具、网络管理应用等。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事网络管理工作的工程技术人员参考。

计算机网络管理原理与实现

武装 编著

本书全面系统地介绍了计算机网络管理的基本概念、原理、方法和应用。全书共分10章，主要内容包括：计算机网络管理概述、网络管理协议、网络管理数据库、网络管理工具、网络管理应用等。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事网络管理工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络管理原理与实现 / 武装编著. — 北京: 电子工业出版社, 2004

ISBN 7-312-02843-8

I. 计... II. 武... III. 计... IV. 计...

中国版本图书馆CIP数据

责任编辑: 周永华

封面设计: 周永华

印刷: 北京市印刷厂

装订: 北京市印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市西城区百万庄大街24号 邮编: 100036

电话: 010-68224828 电邮: zhong@elap.com.cn

网址: www.ele.com.cn 定价: 30.00元

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

地址: 北京市西城区百万庄大街24号 邮编: 100036 电话: 010-68224828 电邮: zhong@elap.com.cn

网址: www.ele.com.cn 定价: 30.00元

内 容 简 介

本书从计算机网络管理的体系结构出发,全面介绍了计算机网络管理的原理、技术与应用,并以计算机网络技术的发展为脉络,讲述了计算机网络管理的体系结构、设计网络管理系统涉及到的主要网络组成部件,分章节介绍了抽象语法表示 ASN.1、基本编码规则、管理信息库、SNMP、远程网络监视 RMON、典型的网络管理系统、基于 SNMP 的网络管理技术实例和网络安全相关技术,最后介绍了最近一段时期以来的 IT 管理和网络管理的发展,并引入了几个网络管理技术层面的最新概念。全书以现代网络管理系统和网络管理技术为背景,力求能够反映近年来国内外网络管理的发展状况和应用实际。

本书可以作为高等院校相关专业网络管理课程的教学参考书,同时也可作为从事网络管理的规划设计人员、运行维护人员和网络管理专业科研人员的参考资料。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络管理原理与实现/武装编著. —北京:电子工业出版社, 2009.4
ISBN 978-7-121-08463-8

I. 计… II. 武 III. 计算机网络—管理 IV. TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 032019 号

策划编辑:高买花

责任编辑:谭丽莎

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18 字数:438 千字

印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:36.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着计算机和网络技术的迅速发展, 计算机网络的规模不断扩大, 计算机网络管理逐渐向自动化、智能化、综合化方向发展。从 20 世纪 80 年代开始, 国际上的各个研究组织、科研院校等就开始对计算机网络管理进行理论方面的研究, 提出了计算机网络管理理论, 相应的管理技术和管理系统也在不断地发展。经过多年的发展, 在理论上已经建立了较为完善的计算机网络管理理论体系。在实践中计算机网络管理已经成为现代通信网中必不可少的组成部分, 故了解和掌握计算机网络管理原理和技术是了解和掌握现代通信网络必不可少的一个环节。

本书从计算机网络管理的体系结构出发, 并重点对计算机网络管理的原理、技术与应用进行了全面介绍。全书共分为 12 章, 第 1 章主要介绍了计算机网络技术的发展、计算机网络管理的定义和价值、计算机网络管理的标准化过程, 以及当前主流的计算机网络管理和 IT 管理体系结构。第 2 章主要介绍了计算机网络管理的体系结构, 详细说明了在设计计算机网络管理系统时需要用到的网络的组成部件和结构, 以及各部件之间的关系。第 3 章主要介绍了 OSI 的计算机网络管理方案, 包括信息模型、组织模型、通信模型和功能模型。第 4 章主要介绍了抽象语法表示 ASN.1 与基本编码规则。第 5 章主要介绍了管理信息库, 详细说明了 MIB-2 的结构及各组定义。第 6 章和第 7 章主要介绍了目前广泛用于 TCP/IP 网络的计算机网络管理协议——SNMP, 包括 V1/V2/V3 三个版本, SNMP 也是事实上的工业标准。第 8 章主要介绍了远程网络监视 RMON, 它是对 SNMP 标准的重要扩充, 增强了计算机网络管理的监控功能。第 9 章主要介绍了几个典型的计算机网络管理系统。第 10 章为通过四个实例的实验来验证基于 SNMP 的计算机网络管理技术。第 11 章从全局性的信息安全、网络安全和典型的网络安全相关技术方面介绍了计算机网络安全知识。第 12 章主要介绍了最近一段时期以来的 IT 管理和计算机网络管理的发展, 并引入了几个计算机网络管理技术层面的最新概念。全书以现代计算机网络管理系统和计算机网络管理技术为背景, 力求能够反映近年来国内外计算机网络管理的发展状况和应用实际。

通过本书的学习, 读者可以掌握计算机网络管理的基本概念、名词术语和原理, 了解计算机网络管理的发展历史和发展特点, 掌握计算机网络管理系统功能及管理接口的设计思路和设计方法, 了解一些通用的计算机网络管理信息模型、计算机网络管理系统的开发过程和开发工具, 可以对计算机网络管理系统进行基本的设计等。

本书可以作为高等院校相关专业计算机网络管理课程的教材, 同时也可作为从事计算机网络管理实践的专业人员提供一定的帮助。本书第 10 章涉及的相关程序代码可以从华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 上下载。

笔者经过多年的网络技术和计算机网络管理教学, 深感一本好的、结合时代技术特点的教材对学生掌握计算机网络管理技术有着不可替代的作用, 因此结合多年教学、实验经验及开源代码, 整理完成了本书的编写工作, 在本书的整理和编写过程中还得到了龚汉明、陈昊、邱雪娇、肖威、张洁等人的帮助, 在此一并致谢。由于时间比较仓促加上本人水平所限, 书中难免出现不足和错误, 请广大读者批评指正 (作者电子邮件: wzh@bistu.edu.cn)。

作者

2009 年 2 月

前言

目 录

第 1 章 计算机网络管理概述	1
1.1 计算机网络技术的发展	1
1.1.1 计算机网络的诞生	1
1.1.2 局域网技术的发展	2
1.1.3 广域网的发展	3
1.1.4 网络模型和 ISO 的贡献	4
1.2 网络管理概述	7
1.2.1 计算机网络管理的产生	7
1.2.2 计算机网络管理的定义	8
1.2.3 网络管理的发展与网络管理协议的出现	10
1.3 计算机网络管理的标准化	11
1.3.1 计算机网络及网络管理标准化发展史概要年表	11
1.3.2 相关组织介绍	12
1.3.3 网络管理协议的发展	14
1.4 网络管理架构概述	16
1.4.1 OSI 网络管理功能域和 FCAPS	16
1.4.2 常见网络管理模型和体系结构简介	18
1.4.3 ITIL 与 COBIT 简介	22
第 2 章 计算机网络管理的体系结构	27
2.1 计算机网络管理的模型结构	27
2.1.1 网络管理者	28
2.1.2 网管代理	28
2.1.3 网络管理协议	28
2.1.4 管理信息库	29
2.2 网络管理系统的功能结构	29
2.3 计算机网络管理模式	31
2.3.1 集中式网络管理模式	31
2.3.2 分布式网络管理模式	32
2.3.3 集中式与分布式管理模式的结合	35
2.4 计算机网络管理的方法	35
2.4.1 网络管理平台的功能特性	36
2.4.2 网络管理平台的基本应用	38
第 3 章 OSI 的网络管理	42
3.1 OSI 的管理模型与体系结构	42

3.2	OSI 的管理框架	43
3.2.1	管理站和代理	43
3.2.2	通信模型	43
3.2.3	通信机制	45
3.2.4	管理域和管理策略	45
3.3	OSI 的管理信息模型	46
3.4	公共管理信息服务	48
3.4.1	公共管理信息服务的定义	49
3.4.2	链接	50
3.4.3	选择被管对象	50
3.4.4	联系服务	52
3.4.5	管理通知服务	53
3.4.6	管理操作服务	55
3.5	公共管理信息协议	64
3.5.1	CMIP 的协议数据单元	64
3.5.2	CMIP 协议的操作	65
3.5.3	远程操作服务元素 ROSE	66
3.5.4	OSI 网络管理的发展与 CMOT	68
第 4 章	ASN.1 与基本编码规则	70
4.1	ASN.1 概述	70
4.1.1	ASN.1 的基本概念	70
4.1.2	ASN.1 的组成	70
4.1.3	ASN.1 的文本约定和符号	71
4.1.4	ASN.1 的使用范围	71
4.2	ASN.1 的数据类型	72
4.2.1	简单类型	72
4.2.2	构造类型	72
4.2.3	标签类型	74
4.2.4	其他类型	76
4.3	ASN.1 的语法	77
4.3.1	模块定义	77
4.3.2	类型定义	78
4.3.3	子类型定义	78
4.3.4	赋值	80
4.3.5	构造类型	80
4.3.6	宏	82
4.4	基本编码规则	84
4.4.1	BER 的结构	84
4.4.2	编码举例	86

第5章 管理信息库	90
5.1 MIB-2 简介	90
5.2 MIB-2 的结构	90
5.3 MIB-2 的各组定义	92
5.3.1 system 组	92
5.3.2 interfaces 组	93
5.3.3 at 组	96
5.3.4 ip 组	96
5.3.5 icmp 组	102
5.3.6 tcp 组	103
5.3.7 udp 组	107
5.3.8 egp 组	108
5.3.9 transmission 组	110
5.4 MIB-2 的局限性	112
第6章 TCP/IP 网络管理与 SNMP _{V1}	114
6.1 TCP/IP 的起源与发展	114
6.2 SNMP 的协议数据单元	115
6.2.1 SNMP 的协议数据单元的种类	115
6.2.2 SNMP 的协议数据单元的格式	115
6.2.3 GetRequest 的具体操作	117
6.2.4 GetNextRequest 的具体操作	117
6.2.5 SetRequest 的具体操作	118
6.2.6 GetResponse 的具体操作	119
6.2.7 Trap 的具体操作	119
6.3 SNMP 的安全机制	120
6.3.1 团体的概念	120
6.3.2 简单的共同体名认证	120
6.3.3 SNMP _{V1} 可采用的访问策略	120
6.3.4 委托代理服务	121
6.4 SNMP 的操作	121
6.4.1 检索简单对象	121
6.4.2 检索未知对象	123
6.4.3 检索表对象	123
6.4.4 表的更新与删除	125
6.4.5 陷阱操作	126
6.5 SNMP _{V1} 的局限性	127
第7章 安全的计算机网络管理与 SNMP _{V2} 、SNMP _{V3}	128
7.1 SNMP 的演变	128
7.2 SNMP _{V2}	128

7.2.1	SNMP _{v2} 对 SNMP _{v1} 的改进	128
7.2.2	SNMP _{v2} 网络管理框架	129
7.2.3	SMI _{v2}	130
7.2.4	协议操作	133
7.2.5	SNMP _{v2} MIB	136
7.3	SNMP _{v3}	138
7.3.1	SNMP _{v3} 的体系结构	138
7.3.2	SNMP 实体	139
7.3.3	SNMP _{v3} 身份及管理信息的标识	141
7.3.4	SNMP _{v3} 的消息格式	142
7.3.5	SNMP _{v3} 安全子系统	143
7.3.6	SNMP _{v3} 访问控制子系统	144
7.4	SNMP 各个版本间的兼容性	145
第 8 章	远程网络监视 RMON	146
8.1	RMON 的基本概念	146
8.1.1	概述	146
8.1.2	远程网络监视的目标	147
8.1.3	远程监视设备的控制	147
8.1.4	多管理站间的资源共享	148
8.1.5	在多管理站之间添加行	149
8.1.6	正常包和错误包	149
8.1.7	RMON MIB 组的通用结构	149
8.2	RMON1 的管理信息库	151
8.2.1	RMON1 MIB 的分组	151
8.2.2	RMON1 MIB 组的信息	153
8.2.3	rmon1 MIB 的扩展	165
8.3	RMON2 的管理信息库	171
8.3.1	RMON2 MIB 结构	171
8.3.2	RMON2 MIB	173
8.4	RMON 的应用	178
第 9 章	典型网络管理系统	180
9.1	IBM Tivoli NetView	180
9.1.1	IBM Tivoli NetView 简介	180
9.1.2	IBM Tivoli NetView 解决方案	182
9.2	HP OpenView	185
9.2.1	HP OpenView 简介	185
9.2.2	HP OpenView 解决方案	187
9.3	SNMPUTIL	192
9.4	通用网管系统介绍	193

9.4.1	系统功能	194
9.4.2	系统原理	197
9.4.3	系统结构	199
第 10 章	计算机网络管理系统的实现	202
10.1	实验一 SNMP 简单参数的获取	203
10.2	实验二 SNMP 复杂参数的获取	203
10.3	实验三 SNMP 下对被管设备的写操作实现	204
10.4	实验四 SNMP 下 Trap 事件的参数获取	205
第 11 章	计算机网络安全技术概述	206
11.1	信息安全及网络安全概述	206
11.1.1	信息安全的基本概念	207
11.1.2	信息安全管理系统 (ISMS)	208
11.1.3	网络安全管理概述	210
11.2	加密技术	210
11.2.1	密码学概述	211
11.2.2	基本原理	212
11.2.3	典型算法举例	215
11.2.4	密码技术的应用	226
11.3	网络安全技术的典型应用	227
11.3.1	VPN 技术	227
11.3.2	无线局域网的安全	231
11.3.3	防火墙技术	233
第 12 章	计算机网络管理发展及新技术	236
12.1	IT 管理和计算机网络管理的发展与未来	236
12.2	基于策略的网络管理 (Policy-based Network Management)	238
12.3	分布式对象计算 (Distributed Object Computing)	240
12.4	基于 Web 的网络管理 (Web-based Network Management)	241
12.5	基于智能代理的网络管理 (Intelligent Agents)	242
12.6	基于代码移动性的网络管理 (Code Mobility)	243
12.7	基于主动网络的网络管理 (Active Networks)	244
附录 A	实验主要代码	246
A.1	实验一 SNMP 简单参数的获取	246
A.2	实验二 SNMP 复杂参数的获取	248
A.3	实验三 SNMP 下对被管设备的写操作实现	266
A.4	实验四 SNMP 下 Trap 事件的参数获取	269
附录 B	主要参考站点	274
附录 C	参考文献	277

第1章 计算机网络管理概述

本章通过对计算机网络技术发展的回顾,引入计算机网络管理的产生和发展,进而介绍计算机网络管理的发展过程即标准化过程,最后介绍当前主流的计算机网络管理和IT管理体系结构。

1.1 计算机网络技术的发展

计算机网络 (computer network), 也简称网络 (network), 一般是指为了达到通信或资源共享的目的通过一些不同形式的传输介质连接在一起的一组计算机及相关设备。

通常来说, 一个网络中至少要存在两个设备, 且其中至少有一个是计算机。这些设备相隔的距离可以小至几米之内, 比如说通过蓝牙等方式连接的个人设备 (Personal Area Network, PAN), 或是在房间里由两台计算机通过普通的网线和网卡彼此相连所构成的局域网 (Local Area Network, LAN); 也可以大到任何可以达到的距离, 并跨越国界, 如覆盖全球的因特网 (Internet) 也是一种计算机网络, 并且是至今所存在过的最大的广域网 (Wide Area Network, WAN), 它可以连接所有具有 Internet 接入功能的计算机和设备。



1.1.1 计算机网络的诞生

在基于电子通信系统的计算机网络诞生之前的计算机还不是经典意义上的电子计算机, 计算机之间的数据交换是基于人力来实现的, 即由人工在机器间进行数据和指令的转移。

1937年9月11日, 乔治·斯蒂比兹 (George Steblitz) 使用电传打字机通过电话线从新罕布什尔州达特茅斯学院 (Dartmouth College) 发送命令到250英里外他在纽约的电磁式数字计算机上, 并接收到了答案。因此他成为实现计算机远程遥控的第一人, 这件事也成为了网络应用的最早实例。

1962年, 利克里德尔 (Joseph Carl Robnett Licklider) 受雇到美国国防部高级研究计划署 (Advanced Research Projects Agency, ARPA) 领导行为科学和指令与控制两个部门的研究, 为了处理大量的数据, 他为ARPA设想了一个计算机网络工作的场景, 即“如果我设想的网络能够运作, 将能够把至少4台大型机, 也可能是6~8台小型机中的大量的磁盘文件和磁带连接在一起, 当然还有远程终端和电传打字机”, 他称其为“银河网络 (Intergalactic Network)”, 这也就是ARPANET的始祖。

1964年, 达特茅斯学院的研究者为分散的大型机系统的使用者开发了Dartmouth Time Sharing System, 它成为了第一个广域网。同年, 在麻省理工学院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT), 一个由通用电气 (General Electric, GE) 和贝尔实验室 (Bell Labs) 为主组成的研究组搭建了一个网络, 其特点是使用数字设备公司 (Data Equipment

Company, DEC) 的小型机 PDP-8 来管理电话连接。

1968 年, 美国国防部所辖的 ARPA 力主开发了一项新技术, 即分组多换, 它的产生源于计算机广域网通信或者说是数据通信 (data communication) 的要求。分组交换基于存储—转发的机制而脱胎于报文交换技术, 它产生了非常深远和重大的影响。

同年, 夏威夷大学的 Norman Abramson 开发了一个使用无线电传输数据的网络, 即 ALOHA 系统, 用于连接不同岛屿上的园区。如果岛屿上的副站发出电文后在一定时限内没有得到主站的确认电文, 则认为电文在传输中发生了碰撞冲突, 使传输数据受损, 两个站都将再次选择一个随机时间, 重发它们的信息包。

1969 年, ARPANET 利用 BBN 公司开发的 IMP 建立节点, 使用 AT&T 提供的速率为 50kbps 的通信线路, 为加州大学洛杉矶分校、斯坦福研究院、加州大学圣巴巴拉分校和犹他大学建立了网络连接。



1.1.2 局域网技术的发展

1972 年, 在 Xerox Palo Alto 研究中心 (PARC), Bob Metcalfe 和 David Boggs 在 ALOHA 系统的基础上设计了一套网络, 将不同的 ALTO 计算机连接起来, 称为 ALTO ALOHA 网络。它在 1973 年 5 月 22 日开始运转, 成为第一个个人计算机局域网络。之后, Metcalfe 将其改称为以太网 (Ethernet), 其最初速率为 2.94Mbps。

1976 年 6 月, Metcalfe 和 Boggs 发表了题为“以太网: 局域网的分布型信息包交换”的著名论文 (“以太” 今天看来已经是个历史名词了, 曾被猜想为是一种充斥于空间中能传播光和引力的介质。“以太网” 是一个很有想象力的名字, 它同时也表示出了其“分布式” 特点), 文中提到了 “An Ethernet's shared communication facility, its Ether, is a passive broadcast medium with no central control”。1977 年年底, Metcalfe 和他的三位合作者获得了 “具有冲突检测的多点数据通信系统” 的专利, 而多点传输系统被称为 CSMA/CD (Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection, 载波监听多路访问/冲突检测)。自此, 以太网正式诞生。

20 世纪 70 年代末, 大量的局域网技术涌现出来, 而 Metcalfe 的以太网逐渐成为了产业标准。

1980 年 9 月 30 日, DEC、Intel 和 Xerox 公布了以太网蓝皮书, 也称为 DIX 版以太网 1.0 规范, 并在 1982 年公布了以太网 2.0 版规范作为终结。

与此同时, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 美国电气和电子工程师协会) 组成了定义与促进工业 LAN 标准的委员会 (Local Network Standards Committee) 即 Project 802, 并于 1980 年 2 月召开了第一次会议^①。

1981 年 6 月, IEEE Project 802 决定组成 802.3 分委员会, 以制定基于 DIX 工作成果的国际公认标准。1982 年 12 月 19 日, 新的 IEEE 802.3 草稿标准诞生。1983 年该草稿最终以 IEEE 10BASE5 形式面世。今天, 以太网和 802.3 可以被认为是同义词。在 IEEE 802.3

^① ARPANET 为 Advanced Research Projects Agency NETWORK 的简写; BBN 为 Bolt、Branek and Newman 的简写, IMP 为 Interface Message Processor, 接口信号处理机, AT&T 为 American Telephone & Telegraph, 美国电话电报公司。

分委会成立至 IEEE 802.3 草稿标准诞生期间, Xerox 把它的 4 件以太网专利转交给 IEEE, 使任何人都可以用 1000 美元从 IEEE 得到以太网的使用许可证。

1984 年美国联邦政府采纳 802.3 标准, 并将其命名为 FIPS PUB107。1989 年 ISO (International Organization for Standardization, 国际标准化组织, 缩写为 ISO) 以标准号 IS88023 采纳了 802.3 以太网技术作为标准 ISO8802-3, 至此, IEEE 标准 802.3 正式得到国际上的认可。

之后由 Sponsor Executive Committee (SEC)、Technical Advisory Groups (TAGs) 和许多 Working Groups (WGs) 组成 LMSC (LAN/MAN Standards Committee, 即 IEEE Project 802), 致力于开发局域网和城域网标准。LMSC 组织的组成如表 1-1 所示。

表 1-1 LMSC 组织一览表

编 号	名 称
802.0	Sponsor Executive Committee
ACTIVE WORKING & TECHNICAL ADVISORY GROUPS	
802.1	High Level Interface (HLI) Working Group
802.3	CSMA/CD Working Group
802.11	Wireless LAN (WLAN) Working Group
802.15	Wireless Personal Area Network (WPAN) Working Group
802.16	Broadband Wireless Access (BBWA) Working Group
802.17	Resilient Packet Ring (RPR) Working Group
802.18	Radio Regulatory Technical Advisory Group
802.19	Coexistence Technical Advisory Group
802.20	Mobile Wireless Access Working Group
802.21	Media Independent Handover Working Group
HIBERNATING WORKING GROUPS (standards published, but inactive)	
802.2	Logical Link Control (LLC) Working Group
802.5	Token Ring Working Group
802.12	Demand Priority Working Group
DISBANDED WORKING GROUPS (all standards withdrawn or did not publish a standard)	
802.4	Token Bus Working Group
802.6	Metropolitan Area Network (MAN) Working Group
802.7	BroadBand Technical Adv. Group (BBTAG)
802.8	Fiber Optics Technical Adv. Group (FOTAG)
802.9	Integrated Services LAN (ISLAN) Working Group
802.10	Standard for Interoperable LAN Security (SILS) Working Group
802.14	Cable-TV Based Broadband Communication Network Working Group

1.1.3 广域网的发展

另一方面, 1972 年, ARPANET 的主机开始使用第一个主机—主机间协议, 即网络控制协议 (NCP)。NCP 作为主机—主机间协议, 并未给网络中的每台主机设定唯一的地址, 同时缺乏纠错功能, 故后来使得网络在向大规模扩展中遇到了困境。

1974年, IEEE 的两位成员 Vinton G.Cerf 和 Robert E.Kahn 发表了论文“A Protocol for Packet Network Interconnection (分组网络互连协议)”, 文中对 TCP 协议的设计做了详细的描述。论文的提要中写到“本文描述一个在现有不同的分组交换网络中支持资源共享的协议。该协议规定了独立网络中数据包大小的变化、传输失败、排序、流量控制、端到端的错误检查, 以及逻辑上过程到过程的连接的建立和拆除。同时包含实施中暴露出的问题, 如网间的路由、计数和超时等。”

1978年3月, TCP 被分解成 TCP 和 IP 两个协议。

1982年, 挪威采用 TCP/IP 协议, 经 SANNET 接入 Internet; 而伦敦大学学院 (University College London, UCL) 也以同样的方式接入。DCA 和 ARPA 为 ARPANET 制定了传输控制协议 (TCP) 和网际协议 (IP), 通常统称为 TCP/IP 协议。由此第一次引出了关于互连网络的概念, 即 “Internet”, 它为使用 TCP/IP 连接起来的一组网络, 名字本身来源于 the interconnection of physical networks; Internet 在今天被赋予了很多的含义, 泛指使用 TCP/IP 协议及其他所有网络协议构建的全球性网络——因特网; 但经典意义上的或者说技术上所说的 Internet 则是指通过 TCP/IP 协议连接起来的 “Internet”, 事实上, 每个主机都直接连入自己的一个或多个网络, 而接入了 Internet 则从概念上可以理解为该主机可访问全球性最大的网络。同期, 外部网关协议 (EGP) 用于网络间的网关。

1983年1月1日, ARPANET 从 NCP 协议切换为 TCP/IP 协议, 而 NCP 被永久停止使用。从此, 互联网上所有计算机必须遵守同一规则——TCP/IP 协议。

1986年, 鉴于 ARPANET 的军用背景, 为鼓励各大学科研机构共享 NSF (美国国家科学基金会) 巨型计算机的运算能力, NSF 自己投资, 利用 ARPANET 发展出来了 TCP/IP 通信协议, 在普林斯顿大学、匹兹堡大学、加州大学圣地亚哥分校、依利诺斯大学和康纳尔大学建立了五个超级计算中心, 并通过 56kbps 的通信线路连接形成了 NSFNET 的雏形。



1.1.4 网络模型和 ISO 的贡献

计算机网络经历了诞生阶段后, 在蓬勃发展中进入了由不同厂商的各种网络架构割据的时代。20世纪70到80年代, 出现了大量的由研究部门、大学或公司各自研制开发的计算机网络, 由于没有统一的体系结构, 不同厂商的设备和网络间难以实现互连, 甚至同一厂家厂商在不同时期的产品也无法达到互连。

为了实现开放系统环境中的互连性 (interconnection)、互操作性 (interoperation) 和应用的可移植性 (portability), 1977年, 国际标准化组织下属的计算机与信息处理标准化技术委员会成立了一个专门的分委员会以研究计算机网络体系结构的标准化问题。经过多年艰苦的努力, 该分委员会于 1983 年制定出名为开放系统互连参考模型 (open system interconnection/reference model, OSI/RM) 的国际标准 ISO7498。OSI/RM 分为 7 层, 每层都规定了相应的服务和协议标准, 这些标准总称为 OSI 标准。OSI 标准是对计算机系统互连或者说计算机网络标准化的一次努力, 其基本宗旨就是开放。“开放 (Open)” 这个词之所以被选用, 就是为了强调符合这些国际标准的系统对于世界上任何遵循同样标准的其他系统来说都是开放的。

这不是建立网络模型的第一次尝试, 实际上在 1969 年, 美国国防部模型 (Department

of Defense Model, DDM) 就已经发布了, 它是用来降低不同厂商如 IBM 和 Digital 间的大型机难以做到信息共享所造成的高昂成本的。美国国防部在大型机时代代表着超过 60% 的市场, 但在 1969 年美国国防部模型诞生后, 由于美国国防部拒绝购买任何与该技术不兼容的新设备, 因此促成 TCP/IP 成为了事实上的标准。但 4 层结构的 TCP/IP 模型在功能性上并不十分完善, 这也进一步促成了 OSI/RM 的诞生。

由于 OSI 的实施受到了诸多因素的制约, 故它最终并没有达到预期的成功。其原因是多方面的。首先, 作为 Internet 基础的 TCP/IP 体系是 OSI 的强大对手, Internet 的迅猛发展使其体系结构已成为事实上的业界标准, 且不可能被投资者所放弃; 再者, OSI 虽然从学术上进行了大量的研究工作, 但是它缺乏商业运作的驱动力和积极配合; 另外, OSI 网络体系结构本身分层过多, 相对比较复杂。除 OSI 本身的问题外, 还应考虑外部因素, 即计算机网络起步于美国, 而 Internet 更有着浓厚的政府背景。由于 ISO 推出的 OSI 参考模型在产业化的道路上遇到了巨大的困难, 故它始终无法撼动 TCP/IP (DoD model) 在现实中的地位。但它作为一种更理想的网络模型, 在理论方面却有着自己独特的贡献。如接触网络经常会提到某协议是第几层的、某设备工作在第几层, 这多数都是按 OSI 7 层模型描述的。处在不同的层意味着有不同的功能。

此外, OSI 是一个体系结构, 它的模型和思想也不仅限于应用在计算机网络上, 其中 IEC (International Electro Technical Commission, 国际电工委员会) 提出的 ISO/IEC 7498 主要包含以下部分。

- (1) The Basic Model, 基本模型。
- (2) Security Architecture, 安全体系结构。
- (3) Naming and addressing, 命名与编址。
- (4) Management framework, 管理框架。
- (5) Multipoint communication architecture, 多点通信体系结构。

虽然 OSI 没有发展成新一代的计算机网络, 但它所提出的关于计算机网络的不少概念和技术被人们广泛地接受和使用。正是在它的推动和影响下, 使得计算机网络体系结构的标准化得到不断发展。通信协议对应 OSI 分层的举例如表 1-2 所示。

表 1-2 通信协议对应 OSI 分层的举例

层 #	名称	其他例子		TCP/IP suite	SS7	AppleTalk suite	OSI suite	IPX suite	SNA	UMTS
7	应用层	NNTP, HL7, Modbus, SIP, SSI		DHCP, DNS, FTP, Gopher, HTTP, NFS, NTP, RTP, SMPP, SMTP, SNMP, Telnet	ISUP, INAP, MAP, TUP, TCAP	AFP	FTAM, X.400, X.500, DAP		APPC	

续表

层	名称	其他例子	TCP/IP suite	SS7	AppleTalk suite	OSI suite	IPX suite	SNA	UMTS
6	表示层	TDI, ASCII, EBCDIC, MIDI, MPEG	MIME, XDR, SSL, TLS (Not a separate layer)		AFP	ISO 8823, X.226			
5	会话层	Named Pipes, NetBIOS, SAP, SDP	Sockets, Session establishment in TCP. SIP. (Not a separate layer with standardized API.)		ASP, ADSP, ZIP, PAP	ISO 8327, X.225	NWLink	DLC	
4	传输层	NetBEUI, nanoTCP, nanoUDP	TCP, UDP, SCTP		ATP, NBP, AEP, RTMP	TP0, TP1, TP2, TP3, TP4	SPX		
3	网络层	NetBEUI, Q.931	IP, ICMP, IPsec, ARP, RIP, OSPF	MTP-3, SCCP	DDP	X.25 (PLP), CLNP	IPX		RRC (Radio Resource Control)
2	数据链路层	802.3 (Ethernet), 802.11a/b/g/n, MAC/LLC, 802.1Q (VLAN), token ring, FDDI, PPP, HDLC, Q.921, Frame Relay, ATM, Fibre Channel	PPP, SLIP, PPTP, L2TP	MTP-2	LocalTalk, TokenTalk, EtherTalk, AppleTalk Remote Access, PPP	X.25 (LAPB), Token Bus	IEEE 802.3 framing, Ethernet II framing	SDLC	RLC (Radio Link Control), MAC (Media Access Control), PDCP (Packet Data Convergence Protocol) and Broadcast/Multicast Control (BMC).
1	物理层	RS-232, V.35, V.34, I.430, I.431, T1, E1, 10BASE-T, 100BASE-TX, POTS, SONET, DSL, 802.11a/b/g/n PHY		MTP-1	RS-232, RS-422, STP, PhoneNet	X.25 (X.21bis, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530, G.703)		Twinax	UMTS L1 (UMTS Physical Layer)

综上所述, 可以看到计算机网络的发展是从两个不同的维度展开的, 但却殊途同归。一方面, 美国军方(起初是为提高其在核战条件下的生存能力)主导下的广域网连接是基于电话网络形成的, 它关注大范围、网络间的互连互通, 由此在底层诞生出了电信级的路由交换系统, 在上层强制推广了 TCP/IP 协议族, 从 ARPANET (到 1990 年停止运营) 到 NSFNET 最后发展出了 Internet。另一方面, 企业、设备厂商推动了从 ALOHA 无线电系统衍生出的局域网连接方式, 并通过国际组织统一了标准。

未来的计算机网络将具有更大的容量/带宽, 更加易于接入, 接入范围更大(局域网、广域网、通信网络的界限将不再那么明显), 传输更安全, 服务更多样, 具有更高的可靠性和可用性、更好的可管理和可维护性, 以及经济性。

1.2 网络管理概述

1.1 节中回顾了计算机网络诞生和发展历程中的一些重大事件。早期计算机网络的规模和复杂性还并不是很大, 但随着计算机技术的发展, 网络变得越来越普及, 它所扮演的角色越来越重要, 其中的设备也越来越多, 且设备的类型和厂商各不相同, 所处的位置也远近不同。尤其是在 20 世纪 80 年代以后, 如何有效地管理网络的运行便成为了一个越来越棘手的问题。



1.2.1 计算机网络管理的产生

1971 年 11 月 15 日, INTEL 公司的 Marcian E. Hoff 开发出第一块微处理器 4004。

1977 年 5 月, Apple II 型计算机诞生。

1981 年 8 月 12 日, IBM 发布个人计算机 (PC)。

在大规模集成电路和微处理器等技术的基础上, 20 世纪 70 年代末到 80 年代, 计算机技术发生了深刻的变革, 微型计算机的出现, 极大地推动了计算机的普及。

同期以以太网等为代表的一批局域网技术迅猛发展, 并完成了标准化和产品化。由于技术的进步和激烈的竞争, 网络设备的价格, 尤其是以太网设备的价格得以迅速下降。

1980 年年初, Novell 软件公司开发出 NetWare 网络操作系统, 并在办公室应用且取得了巨大的成功。由此, 办公自动化对社会发展产生了重大影响, 而它在当时对网络发展最显而易见的意义便是推动了对以太网适配器的大量需求。

1981 年 3 月, 3Com 公司将它的第一批符合 802 标准的产品即 3C100 投放市场, 而此时官方标准还尚未公布。同年年底, 该公司开始销售 DEC PDP/11 系列和 VAX 系列用的收发器和插卡, 同时也销售 Intel Multibus 和 Sun Micro System 公司机器用的收发器和插卡。

1982 年, 3Com 发售第一款给个人计算机的以太网适配器, 即为 Apple II 搭配的 Apple Box, 但市场反应并不好。同年 9 月 29 日, 3Com 发布其第一款以太网内置网卡 (Etherlink ISA adapter) 用于 IBM PC, 并随机配置相应的 DOS 驱动软件及采用细同轴电缆布线。1984 年, IEEE 接受其为官方标准 10BASE2。

1984 年, 以 HP 和 AT&T 为首的经销商将 StarLAN 集线器网络接口卡推向市场。StarLAN 是非屏蔽双绞线和星形布线以太网的开拓者。1986 年中, 它作为 IEEE 802.3 新

标准 1BASE5 被批准实施。但 1Mbps 的速度使其没有走得更远。

1985 年, IBM 推出 4-Mbps Token Ring LAN。到 90 年代初, Token Ring 最终被 Ethernet 彻底击败。

1990 年, 一款革命性的网桥诞生 (Kalpana EtherSwitch EPS-700), 现在称其为交换机。同年秋天, 802.3i/10BASE-T 标准正式通过, 其星形布线结构在以太网发展史上具有里程碑式意义。

同时 Internet 也在以指数式速度成长。在 NSF 的鼓励和资助下, 许多大学、研究机构、包括一些私营的研究机构纷纷把自己的局域网并入 NSFNET 中。来看下面一组数据:

1977: 111 hosts on Internet

1981: 213 hosts

1983: 562 hosts

1984: 1,000 hosts

1986: 5,000 hosts

1987: 10,000 hosts

1989: 100,000 hosts

1992: 1,000,000 hosts

1992 年之后转为商业化运作的 Internet 获得了更为巨大的飞跃。

各方变革的叠加, 在 20 世纪 80 年代早中期迫使系统和网络的管理者们开始直面一个新的问题——增长。不同于之前集中式计算机单一、集中管理的形式, 系统正在转变为广泛的分布式的形式, 同时伴随着组件增加带来的重要性和复杂性, 网络的可用性、性能、问题的识别与诊断等也逐步成为系统管理员越来越大的挑战。因此统一、标准的管理方法成为一种非常现实而明确的需求。

总之, 计算机网络管理的出现是自然而然的, 有计算机网络, 就有计算机网络管理, 计算机网络管理随着计算机网络的发展而发展。而计算机网络管理被作为一个单独的问题提出来则是为了有效应对复杂的分布式网络环境。同时在这样的环境下, 另一个不应被忽视的因素是随着计算机网络走入应用、日渐普及, 网络管理者们不再是研发者而转变为单纯的使用者, 这就要求网络管理也要向着更加以人为本、便于应用的角度转变。



1.2.2 计算机网络管理的定义

网络管理这个词的含义非常宽泛, 对不同的人来说它可能意味着不同的事, 所以有必要从不同的角度和层面来看待计算机网络管理。本书的后面章节所讨论的网络管理不是广义的, 而主要是从网络本身的技术理论、工作模型、协议及协议应用的角度来介绍如何对网络进行监测和控制, 而在本章则会对网络管理做较多的扩展。

计算机网络管理, 即通过多种应用程序、工具、设备和方法来协助人监测和控制网络资源的使用, 以保证网络使用者获得他们所期望的服务质量的服务过程。

网络管理作为 IT 管理的一部分, 它的价值和 IT 管理是统一的, 其最终目的在于降低运营成本, 提高服务质量, 为主营业务提供支撑, 创造商业机会。网络管理的参与者不仅限于网络管理员, 还涉及从服务的提供者到使用者整个链条上的所有人。比如有电信提供